

建筑给水 PPR 管道热熔虚焊缺陷成因及预防研究

王博宇

鞍山冶金集团建筑安装有限公司, 辽宁 鞍山 114031

DOI:10.61369/ERA.2026080012

摘 要 : 建筑给水 PPR 管道热熔过程中易发生虚焊现象, 造成管道接口处漏水, 缩短使用寿命, 热熔过程温度控制不当、加热时间掌握不准、施工人员操作不规范、管材外表面有污物等都会导致虚焊, 多种因素综合作用使得管道更容易出现问题, 在了解热熔施工相关参数、步骤及施工现场情况后可找到虚焊原因, 从而有效预防该类问题的发生, 良好的管道热熔连接可以提高管道的气密性, 减少日后维护的成本, 消除建筑给水系统的问题, 保证建筑内正常用水。

关 键 词 : PPR 管道; 热熔连接; 虚焊缺陷; 施工质量; 可靠性

Research on the Causes and Prevention of Hot-Melt Poor Welding Defects in PPR Pipes for Building Water Supply Systems

Wang Boyu

Anshan Metallurgical Group Construction and Installation Co., Ltd. Anshan, Liaoning 114031

Abstract : During the hot-melt process of PPR pipes for building water supply systems, poor welding is a common issue that leads to leakage at pipe joints and reduces service life. Factors such as improper temperature control during hot-melting, inaccurate heating duration, non-standard operating procedures by construction personnel, and contaminants on the pipe surface can all contribute to poor welding. The combined effect of these factors increases the likelihood of pipeline failures. By understanding the relevant parameters and procedures of hot-melt installation along with site conditions, the causes of poor welding can be identified, enabling effective prevention of such issues. Proper hot-melt pipe connections enhance air tightness, reduce future maintenance costs, eliminate problems in building water supply systems, and ensure reliable water supply within buildings.

Keywords : PPR pipe; hot-melt joint; false soldering defect; construction quality; reliability

引言

建筑给水系统正常工作离不开管道连接质量优良, 而 PPR 管因为其具有很强耐腐蚀性及方便快捷等特点得到普及应用, 在热熔连接时经常出现虚焊现象造成漏水、维修频繁、使用寿命降低等问题, 虚焊是由于加热时间和温度不当, 但是也跟施工过程是否规范、管材表面清理情况以及施工环境有关, 虽然这些影响因素比较细小但是在长期使用中容易引起较大问题而增大建筑给水系统风险, 通过对虚焊原因进行详细研究可以帮助我们在施工中更好地预防虚焊产生, 提高管道连接可靠性和系统安全性, 保障供水安全和工程品质。

一、热熔连接虚焊现象分析

(一) 管道接口渗漏表现

建筑给水 PPR 管道系统的虚焊问题, 直观体现为管道接口渗漏, 管材热熔部位出现渗水、滴水现象, 代表管材融合效果不足, 管壁缝隙未完全闭合, 这类故障可在施工完工后即刻显现, 也会在管道通水运行后慢慢显露, 接口潮湿、周边积水都是典型症状^[1]。管道持续运行过程中, 水压变化会扩大缝隙, 加快渗水速度, 造成接口松动, 管道渗水会干扰正常供水状态, 侵蚀墙体、地面等建筑结构, 提升后续检修作业的难度, 渗漏位置大多较为

隐蔽, 日常巡检难以排查, 通常在水压异常、结构湿损后才会被察觉, 热熔施工质量直接决定接口使用效果, 施工操作与管材处理的疏漏, 会直接影响整套给水系统的运行安全。

(二) 施工中缺陷频发类型

PPR 管道热熔施工会产生多种虚焊缺陷, 接口熔合不均、焊口气泡与管材变形为常见问题, 管道加热温度偏低或时长不足, 焊口熔合不充分, 会形成局部虚焊区域; 加热过度会使管材软化塌陷, 造成接口结构松散, 施工手法不稳、受力不均会在接口生成细微缝隙, 管道长期承压运行易出现渗水问题。管材表面附着的油污、粉尘与水汽会阻碍熔合进程, 催生气泡与孔洞, 工

程缺陷分布虽存在随机性，同批次施工集中出现问题的现象较为普遍，施工环境、材料品质与工艺管控水平直接影响缺陷发生概率，各类缺陷特征的分析，能够为现场质量管控提供对应参考。

（三）长期使用对管道影响

PPR 管道虚焊缺陷会削弱接口密封性能与结构稳定性，对管道长期使用造成不良影响，水压持续作用会扩张渗漏点位，使接口位置产生应力集中，滋生微裂纹或出现松动，降低管道整体承压性能，水流持续冲刷虚焊区域会加剧管材磨损，小幅缺陷会逐步发展为漏水、断裂等严重故障。建筑管道的隐性损伤会长期累积，不仅抬高维修成本，还会造成水资源损耗，衍生各类安全隐患，虚焊问题会降低供水稳定性，带来结构浸水、腐蚀等风险，持续放大工程安全隐患，管道初期热熔施工质量，决定给水系统长期运行的稳定与安全，施工阶段的缺陷管控具备关键工程价值。

二、影响虚焊的关键因素

（一）加热温度与时间控制

PPR 管道热熔连接质量取决于加热温度与加热时间，低温工况下管材表层熔合不足，焊口难以形成均匀熔层，残留细微空隙引发接口渗水，温度过高会造成管材过度软化，弱化接口承压能力，引发管材变形与塌陷问题，加热时长不足无法满足熔合需求，时长超标则会加剧材料应力，造成焊口脆化、缩孔等问题^[2]。施工现场人员经验、环境温度与设备状态的差异，会造成温控、时控标准不一，导致接口质量参差不齐，规范把控加热参数，能够保障焊口密封效果，稳定管道长期承压性能，减少虚焊与渗漏问题的出现。

（二）操作技术及施工规范

施工操作技术与作业流程把控，直接影响 PPR 管道热熔接口的可靠程度，施工施力不均、对接速度把控不当，会造成焊口熔合不实，管材接触面存在缝隙，水压长期作用下会逐步发展为渗漏，不规范焊接顺序与操作方式会让接口产生薄弱区域，提升管道长期运行的失效概率，管道定位、对口贴合及焊后冷却等工序未按标准落实，会造成接口偏移、应力集中，降低热熔连接品质。

（三）管材表面与环境条件

管材表面状态与施工环境会干扰热熔焊接成型质量，管材表面附着灰尘、油污、水汽，会阻碍熔合层成型，造成接口气泡、空洞及局部熔合缺失，环境温湿度与通风状态会改变管材加热、冷却效率，低温易造成管材受热不均，高湿度会在焊口形成水膜阻碍熔合。风力与扬尘会污染焊接接触面，提升细微缺陷出现概率，各类环境条件会改变管材胀缩速率，使接口产生应力集中，形成易渗漏薄弱区域，多项因素叠加让虚焊缺陷具备不确定性与隐蔽性，管道投入使用后渗漏风险会持续升高。

三、虚焊形成机理探讨

（一）材料热膨胀与熔合过程

PPR 管材热膨胀特性主导热熔焊接成型质量，管材加热时表

层快速熔融而内部软化滞后，易造成熔合层厚度不均、融合效果失衡，受热膨胀产生的细微应力，会因温控与时长把控不当无法均匀释放，造成熔合区域厚薄不均，削弱焊接结构强度^[3]。管材冷却阶段，收缩速率与熔合层厚度的差异会催生接口微缝隙，埋下虚焊与渗漏隐患，热量传递失衡会造成局部融合不足，形成内部空洞，管材热物理属性、壁厚尺寸及接口构造都会改变热量分布，细微偏差即可诱发微观虚焊缺陷，管材焊接品质除受外部操作参数影响，也和自身热响应特性密切相关，接口稳定效果依托于加热与冷却流程的精准匹配^[4]。

（二）界面接触不充分原因

管材接口接触不足是引发虚焊的核心原因，管道对接时，加热温度不均或施力不合理，会造成管材表面贴合不全、接触面积减小，产生细微间隙，接口错位、角度偏移会引发局部压力集中，阻碍熔合层均匀渗透，管材表面附着的灰尘、水分及油污，会干扰分子熔合与界面扩散，降低焊口结构强度。贴合不足的接口受水压持续作用易产生微裂纹，逐步发展为渗漏缺陷，焊接操作节奏与冷却环境同样影响融合质量，快速冷却与温度波动会加重接口接触缺陷，界面接触不良会造成熔合层厚薄不均、内部空洞等微观问题，初期不易察觉，会在系统承压运行后逐步显现为渗漏故障，损害管道运行可靠性，缩短设备使用寿命^[5]。

（三）微观缺陷发展规律

虚焊的微观形成具备固定演化规律，大多起源于微小空洞、气泡及局部未熔合区域，初期细微缺陷会在水压作用下产生应力集中，促使孔洞扩张并催生材料微裂纹，管道长期运行中，水流冲刷与温度变动会加速缺陷延展，扩大渗漏范围并持续弱化接口强度，缺陷分布虽无固定规律，高危问题多集中于熔合层薄弱、接口受力失衡的位置^[6]。微观缺陷的发展，关联管材热膨胀特性、熔合层厚度差异与现场施工操作，缺陷演化过程能够体现，接口强度衰减速率，随初始微缺陷尺寸与分布密度增大而提升，长期运行累积效应证明，管道系统稳定性取决于微观缺陷管控质量，微小空洞与熔合不良问题会逐步发展为显性故障，干扰供水体系运行，缩减管道使用年限。

四、预防及控制措施策略

（一）热熔工艺优化方法

管道热熔连接质量主要由工艺参数决定，加热温度、加热时间和接口挤压程度需要相互配合，使管材表面完全熔化并且有良好的熔合层，通过对加热设备温度进行监控并及时做出相应改变^[7]，可以防止因局部过热或者加热不够造成假焊现象出现；而针对不同管径及壁厚选择合适加热时间，可以使接口良好熔合同时不会出现过度软化或塌陷情况，在焊接时还要注意加热与降温速度，如果降温过快会造成材料收缩不均从而产生细小裂缝。另外改善热熔工艺还应注意工人施力是否均匀以及接口是否准确对齐，合理设置工艺参数并加强工人技能培训可以使局部熔合不良问题大大减少，提高焊口强度及气密性，在施工中就可以大大降低假焊发生的可能性，从而使整个管道系统在长时间使用下仍能

保持良好工作状态^[8]。

（二）施工操作标准化

施工操作规范化是保证热熔接口质量的重要因素，按规范进行施工可降低由于人为原因导致虚焊问题发生概率，在管材对接之前必须保证接口干净整洁、位置正确无误，在焊接过程中要施加适当的压力，让熔化部分能够很好地进入接口之间，形成良好的熔合面，操作速度要适中，不能过快也不能过慢以免出现某处焊接不良或者产生较大的内应力，另外施工人员还要了解管材性质以及焊机性能等知识^[9]，经过系统的培训和学习后，可以降低施工人员技术水平不同所造成的质量问题。焊接完成后对接头进行冷却时也要注意平稳放置，不得受到外部影响或者温度变化，以保证熔合面良好凝固，并且施工中还需要有相应的检查制度，以便及时发现并处理存在问题。

（三）施工环境与材料准备

管材表面状态与施工环境对热熔连接质量影响极大，施工前需清理管材表面油污、灰尘等杂质并保持干燥，减少界面熔合阻碍，施工现场需维持合适的温湿度与通风环境，低温会降低加热效率，高湿、强风易造成管材表面冷却不均，管材存放与搬运方式同样关乎焊接品质，长期暴晒或受潮会改变表层性能，提升微缺陷产生概率。施工场地需保持洁净，避免杂物、水分附着于焊接区域，同时定期检修焊接设备，保障温控与压力稳定，相关举措可促进接口均匀熔合，减少空洞与未熔合问题，提升焊接合格率，强化管道密封性能与耐久度，降低虚焊对系统长期运行的不良影响^[10]。

五、管道连接可靠性提升

（一）缺陷检测与质量监控

管道热熔接口可靠性，依托缺陷及时排查与质量监控工作的落地，施工完成后的接口可通过目视查验、压力测试、无损探伤等方式，排查焊口微裂纹、空洞及未熔合区域，检测工作需核查接口平整度、焊缝完整度与焊接深度，细微异常均可能在长期运行后引发渗漏故障，质量监控覆盖施工及管道运维阶段，可依托数据记录与压力波动分析判定接口运行状态。监控体系可及时反馈施工偏差与材料缺陷，实现问题早发现、早处置，规避各类潜在风险，完善的检测与监控机制，能够稳定管道接口性能，降低

渗漏发生率，提升供水系统运行品质，保障建筑给排水长期安全运行。

（二）长期运行安全保障

管道接口长期运行状态，能够直观体现热熔质量与施工规范程度，接口初始微缺陷会随水压、温度及流速变化逐步扩张，削弱系统整体承压性能，状态稳定的接口可维持管道密封效果，缓解应力集中与材料疲劳，减少渗漏、破裂故障，优化热熔工艺、提升焊接均匀性并强化施工管理，可有效提升管道耐压与耐久性。运维阶段定期核查焊口状态与水压变化，能够提前排查隐患，遏制缺陷持续发展，管道长期运行安全依托施工管控与运行监测双重保障，可让管道适配长期水压与环境变化，维持供水系统稳定可靠，缩减运维与更换成本，规避对周边环境的各类潜在损害。

（三）施工质量对系统稳定性影响

施工质量是 PPR 管道系统稳定运行的核心关键，接口焊接精度、工艺参数把控及操作规范落实情况，直接决定焊口密封效果与结构强度，优质施工能够减少微缺陷生成，保障接口长期承压运行不出现渗漏、松动问题，接口清洁、对口精度、施力力度与冷却时长等施工细节，都会对焊口性能形成累积影响。施工中的细微偏差会在管道运行中持续放大，干扰供水效果并缩减设备使用寿命，优质施工配合科学现场管理，可搭建稳定可靠的管道管网，长期维持接口强度与密封性能，降低故障发生概率，保障建筑供水系统平稳运行，为后期运维管理提供有力支撑。

六、结语

PPR 管道热熔虚焊缺陷由材料特性、工艺参数、施工操作及环境条件共同引发，管材加热、熔合与冷却阶段产生的细微应力和界面不均，会形成微观空洞与未熔合区域，长期运行后逐步发展为渗漏与接口失效，优化热熔工艺、规范施工流程、管控环境与材料状态，能够提升接口熔合均匀度与密封性能。系统的缺陷检测与质量监控可提前排查隐患，保障管道长期运行安全，施工质量直接关联管道使用可靠性，完善的施工管理与技术把控可降低虚焊概率，提升建筑给水系统耐久性能，为稳定供水提供可靠保障。

参考文献

- [1] 宋诚. 市政燃气 PE 管道热熔连接施工技术标准的关键参数 [J]. 大众标准化, 2025, (24): 7-9.
- [2] 余华林, 李艳芳, 郑先伟. 冷热水管道用 PPR 材料结构与性能的研究 [J]. 合成材料老化与应用, 2025, 54(02): 4-7.
- [3] 王仕杰. PPR 给水管热熔操作技术探讨 [J]. 中国设备工程, 2024, (06): 224-226.
- [4] 刘甦, 王玉梅. PPR 管材料中的乙烯对产品性能的影响 [J]. 炼油与化工, 2023, 34(02): 66-69.
- [5] 徐丽霞, 刘丽霞, 杨耀东, 等. 基于趋势分析法的虚焊缺陷热像数据处理技术 [J]. 红外技术, 2022, 44(09): 979-985.
- [6] 王仕杰. PPR 给水管热熔操作技术探讨 [J]. 中国设备工程, 2024, (06): 224-226.
- [7] 刘甦, 王玉梅. PPR 管材料中的乙烯对产品性能的影响 [J]. 炼油与化工, 2023, 34(02): 66-69.
- [8] 姚水良. PPR 抗结垢管. 浙江省, 浙江爱康实业有限公司, 2022-11-25.
- [9] 蓝斌. 抗菌抗藻复合型 PPR 管道系统开发. 河北省, 宏岳塑胶集团股份有限公司, 2021-02-01.
- [10] 骆正山, 姚梦月, 骆济豪, 等. 基于 PCA-BAS-PPR 的海底管道外腐蚀速率预测模型 [J]. 材料保护, 2019, 52(10): 64-69+74.